

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Pada saat merencanakan suatu bangunan, hal yang sangat penting dan mendasar yang harus diperhatikan yaitu konstruksi dan struktur dari bangunan tersebut. Konstruksi pada suatu bangunan merupakan suatu rangkaian dari beberapa bentuk elemen bangunan yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun beratnya sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan, yang diwujudkan menjadi sebuah bentuk bangunan nyata yang sesuai dengan fungsinya nanti yang telah direncanakan sebelumnya.

Dalam merealisasikan suatu konstruksi sebuah bangunan khususnya bangunan dengan tingkat tiga keatas diperlukan sebuah perencanaan yang matang agar terbentuknya sebuah bangunan yang memiliki kualitas dan mutu yang baik. Perencanaan dapat diartikan sebagai suatu bentuk usaha dalam menyusun, mengatur atau mengorganisasikan kegiatan-kegiatan yang terdapat dalam sebuah proyek pembangunan sehingga menghasilkan output (hasil) yang sesuai dengan keinginan bersama (pemilik, perencana dan pelaksana proyek) dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, keamanan, kekuatan dan kenyamanan. Kegiatan perencanaan sebuah bangunan diawali dengan survey dan penyelidikan tanah hingga kegiatan perawatan bangunan yang telah dihasilkan pada akhir kegiatan proyek nantinya.

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan yang digunakan, serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia mengenai syarat-syarat dalam sebuah pembangunan. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang

sebenarnya atau yang diharapkan terjadi. Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi (artistik) dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis namun tetap tidak mengurangi mutu bangunan yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana, pemilik maupun pengguna bangunan nantinya.

Konstruksi suatu bangunan dapat berupa konstruksi beton, konstruksi baja, atau gabungan dari keduanya yaitu konstruksi komposit. Dalam buku Teknologi Beton (Tri Mulyono 1, 2005) mengatakan beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk membangun pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang. Teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti bendungan, saluran, dan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi, untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapisan keras permukaan kaku), saluran samping, gorong-gorong, dan lainnya. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil. Artinya, semua struktur dalam teknik sipil akan menggunakan beton.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perencanaan sebuah bangunan gedung meliputi beberapa tahapan-tahapan yaitu mulai dari tahap persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan, perhitungan struktur dan perhitungan biaya.

2.2.1 Tahapan Perencanaan (Desain) Konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi bangunan merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan bersama yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah :

a. Tahap Pra-perencanaan (*Preliminary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang direncanakan, baik dimensi maupun posisi struktur tersebut. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai :

1. sketsa denah, tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya;
2. penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan;
3. konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas tipikal dari lantai gedung dan informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai tipikal, daerah *entrance*, *function room* ruang tangga dan lain-lain; serta
4. rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

Selanjutnya dengan bekal dari informasi yang telah didapat (sesuai dengan contoh di atas), seorang ahli arsitektur harus mampu memberikan masukan mengenai :

1. pengaturan komponen vertikal, termasuk jarak kolom, ukuran kolom dan penempatan kolom;
2. sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan sistem lantai;
3. sistem pondasi; serta
4. usulan mengenai komponen non-struktural pada bangunan nanti.

b. Tahap Perencanaan,

Pada tahap perencanaan ini, kegiatan proyek pembangunan sebuah gedung meliputi :

1. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan;

Dalam kegiatan perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, namun perencana telah mencoba merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

2. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur bangunan ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur tersebut dengan lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang kuat, aman, dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan yang menjadi kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut.

Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan yaitu :

a) Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- 1) tahan Api;
- 2) kuat;
- 3) mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi;
- 4) awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama;
- 5) ekonomis, dengan perawatan yang relatif mudah.

Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu: struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, balok, serta kolom.

b) Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu: struktur sloof dan pondasi bangunan itu sendiri.

2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

Dalam merencanakan suatu bangunan gedung, harus berpedoman dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia, diantaranya adalah:

a. SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung,

Sebagai pedoman untuk mengarahkan terciptanya pekerjaan perencanaan dan pelaksanaan dalam pembuatan struktur beton yang memenuhi ketentuan minimum untuk hasil struktur yang berkualitas, aman dan ekonomis. Buku ini memuat persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung serta struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.

b. PPPURG-1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung,

c. SNI-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.

d. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) tahun 1971

e. Struktur Beton Bertulang, oleh Istimawan Dipohusodo (SK SNI T-15-1991-03)

f. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri I, oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma

g. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma

h. Ilmu Konstruksi Bangunan 2, oleh Heinz Frick

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan tersebut antara lain:

1. Beban Mati (Beban Tetap)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, hal 1)

Tabel 2.1 Berat sendiri komponen gedung

No	Komponen Bangunan	Keterangan
1	Adukan per cm tebal : a. dari semen b. dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
3	Dinding pasangan bata merah : a. satu batu b. setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²
4	Dinding pasangan batako Berlubang : a. tebal dinding 20 cm (HB 20) b. tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang : a. tebal dinding 15 cm b. tebal dinding 10 cm	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari : a. semen asbes dengan tebal maksimum 4 mm b. kaca, dengan tebal 3-5 mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²

6	Lantai kayu sederhana dengan dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m ²
8	Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10 kg/m ²
11	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso, dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11 kg/m ²

2. Beban Hidup (Beban Sementara)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk baban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berp[indah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

Tabel 2.2 Beban hidup pada lantai gedung

1. Lantai dan tangga rumah tinggal	200kg/m ²
2. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang selain toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
3. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	
4. Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
5. Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
6. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam 1-5, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m ²
7. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
8. Tangga, bordes tangga dan gang (no 3)	300 kg/m ²
9. Tangga, bordes tangga dan gang (no 4, 5, 6 dan 7)	500 kg/m ²
10. Lantai ruang pelengkap (no 4, 5, 6,7 dan 8)	250 kg/m ²
11. Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, took buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri (minimum)	400 kg/m ²
12. Lantai gedung parkir bertingkat : - untuk lantai bawah - untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²
13. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan (minimum)	300 kg/m ²

3. Beban Hujan

Dalam perhitungan beban yang disebabkan oleh air hujan dapat diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m² dan α sebagai sudut atap. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

4. Beban Angin

Merupakan semua beban yang bekerja terhadap sebuah struktur gedung yang disebabkan oleh karena adanya selisih dalam tekanan udara. Beban tersebut berasal dari adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus terhadap bidang-bidang yang ditinjau. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

5. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur bangunan gedung yang menirukan gerakan tanah akibat gempa di dalam bumi. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987,hal 2)

6. Beban Khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987, hal 2)

7. Beban Konstruksi

Unsur struktur utama pada umumnya dirancang untuk beban mati dan beban hidup, akan tetapi unsur tersebut dapat dibebani oleh beban yang jauh lebih besar dari beban rencana ketika bangunan didirikan. Beban ini dinamakan beban konstruksi dan merupakan pertimbangan yang penting dalam rancangan unsur struktur.

8. Beban Tekanan Air dan Tanah

Struktur dibawah permukaan tanah cenderung mendapat beban yang berbeda dengan beban diatas tanah. Substruktur sebuah bangunan harus memikul tekanan lateral yang disebabkan oleh tanah dan air tanah. Gaya-gaya ini bekerja tegak lurus pada dinding dan lantai substruktur.

9. Kombinasi Beban

Beban tinggi dari gedung akan menghadapi beban sepanjang usia bangunan tersebut, dan banyak diantaranya yang bekerja bersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis kerja yang sama dan harus dijumlahkan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987).

2.3 Metode Perhitungan

2.3.1 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap merupakan suatu struktur yang menyerupai struktur pelat lantai yang memiliki ketebalan lebih kecil dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Struktur pelat atap ini termasuk ke dalam jenis konstruksi yang tidak terlindungi sehingga dibutuhkan ketebalan selimut beton yang lebih tebal dibandingkan dengan pelat lantai. Hal tersebut berfungsi untuk melindungi tulangan beton pada pelat atap dari pengaruh cuaca (udara, panas maupun hujan).

Hal lain yang membedakan antara perencanaan pelat atap dengan pelat lantai adalah beban-beban yang bekerja di atasnya, pada struktur pelat atap memiliki beban yang lebih kecil sehingga ketebalan pelat atap dibuat lebih tipis dibandingkan pelat lantai. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat atap, yaitu antara lain:

a. Beban Mati (W_D)

1. Beban yang diterima karena adanya berat sendiri pelat atap
2. Beban yang diterima oleh pelat karena adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond

b. Beban Hidup (W_L)

Beban yang diterima karena adanya berat yang disebabkan oleh air hujan dan beban yang diterima karena adanya berat manusia diambil 100 kg/m^2 untuk satu orang (PPIURG 1987 butir 2.1.2.2 Hal 7).

2.3.2 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan struktur bangunan yang terbuat dari material monolit (biasanya dibuat dengan beton bertulang) yang ditumpu oleh struktur balok pada keempat sisi bawahnya.

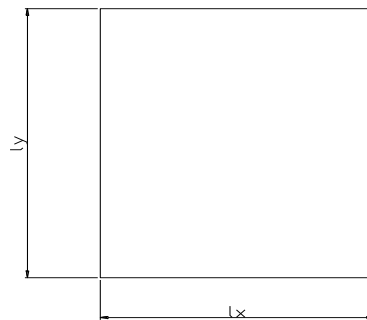
Struktur pelat lantai terbagi menjadi dua jenis berdasarkan geometrinya dan arah tumpuannya, yaitu sebagai berikut:

a. Pelat dianggap sebagai pelat satu arah (*One Way Slab*)

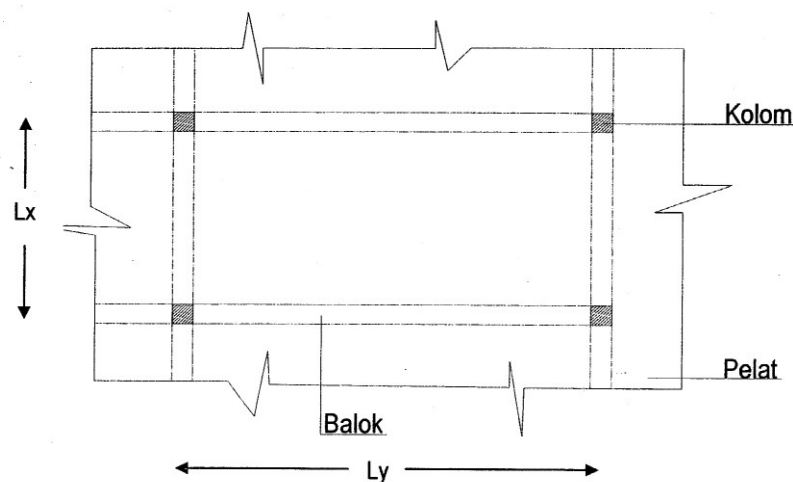
Sebuah struktur dapat digolongkan ke dalam jenis pelat ini apabila sistem tumpuannya hanya dapat atau dianggap melentur ke satu arah saja. Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*).

Dapat kita lihat pada gambar 2.2 contoh desain pelat satu arah. Adapun ciri-ciri dari jenis pelat ini adalah :

1. Pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan
2. Pelat persegi yang ditumpu pada keempat sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat (l_y) dan sisi lebar pelat (l_x) > 2 atau secara matematis dapat ditulis $\frac{l_y}{l_x} > 2$ (gambar 2.1).



Gambar 2.1 l_x & l_y Pelat Satu Arah



Gambar 2.2 Pelat Satu Arah

Adapun ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dan dipenuhi dalam merencanakan suatu struktur pelat satu arah dengan metode koefisien momen antara lain :

1. Minimum harus memiliki dua bentang
2. Komponen struktur adalah prismatis.
3. Ketentuan untuk panjang bentang bersebelahan yaitu bentang yang paling besar tidak boleh memiliki panjang lebih besar dari 1,2 kali bentang yang paling pendek.
4. Beban yang dipikul oleh pelat harus merupakan beban terbagi rata
5. Beban hidup yang dipikul oleh pelat harus lebih kecil dari 3 kali beban mati yang dipikul oleh pelat tersebut.

Selanjutnya adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam merencanakan suatu struktur pelat satu arah:

1. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal suatu pelat terlentur ke dalam satu arah tumpuan, tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja terhadap struktur pelat tersebut (Istimawan Dipohusodo, 1999:56). Ketebalan suatu struktur pelat jenis satu arah dapat kita lihat pada tabel 2.3.

2. Menghitung Beban yang Diterima oleh Pelat dan Momen Rencananya

Beban-beban yang diterima oleh suatu struktur pelat harus dihitung dengan detail dan terperinci agar struktur yang dihasilkan berkualitas baik dan memenuhi standarisasi yang telah sesuai dengan ketentuan. Adapun beban-beban yang diterima oleh suatu struktur pelat antara lain adalah beban mati, beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (w_u).

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

W_{DD} = Jumlah beban Mati Pelat (KN/m)

W_{LL} = Jumlah beban Hidup Pelat (KN/m)

Tabel 2.3 Tebal minimum Pelat Satu Arah

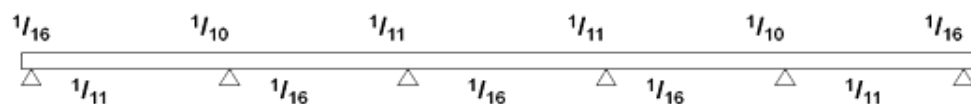
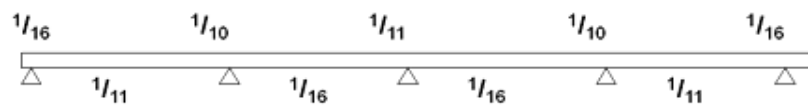
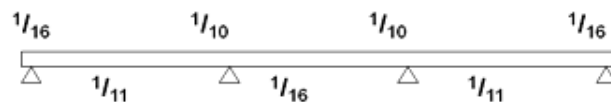
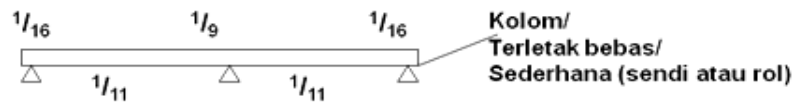
	Tebal Minimum, h			
Komponen struktur	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$1/20$	$1/24$	$1/28$	$1/10$
Balok atau pelatrusuk satu arah	$1/16$	$1/18,5$	$1/21$	$1/8$

3. Menghitung momen rencana (M_u)

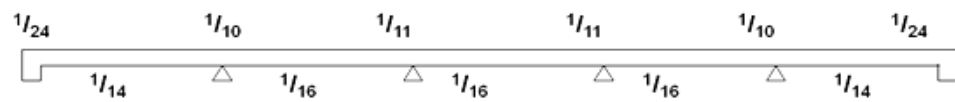
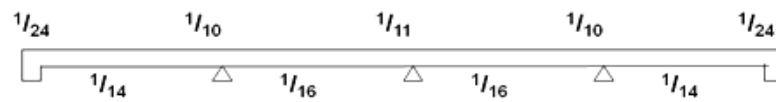
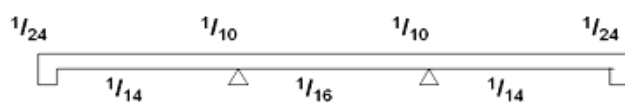
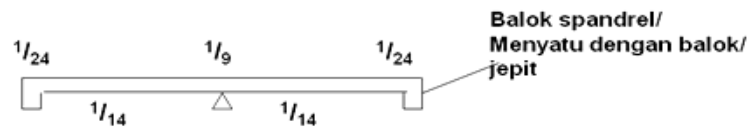
Momen rencana pada suatu pelat dapat kita hitung dengan menggunakan tabel maupun dapat digunakan cara analitis. Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan struktur balok menerus. Biasanya struktur suatu pelat dibuat dari beton bertulang di mana tulangannya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah saja.

Gambar di bawah ini dapat menjelaskan besarnya momen-momen yang terdapat dalam suatu struktur pelat (momen tumpuan dan momen lapangan).

Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$



Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$



- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang pelat yang ditinjau.
- Sedangkan untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang pelat yang bersebelahan.

4. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

Dalam suatu struktur beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan yang sesuai dengan tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Tebal Selimut beton

Tebal minimum selimut beton, (mm)	
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
- batang D-19 hingga D-56	50
- batang D-16, jaring kawat polos atau ulir W16 dan yang lebih kecil.....	40
Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u>	
- batang D-44 dan D-56	40
- batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom:</u>	
- tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat:</u>	
- batang D-19 dan yang lebih besar	20
- batang D-16, jaring kawat polos atau ulir W16 dan yang lebih kecil	15

Sumber : SK SNI-03-2847-2002

5. Menghitung K_{perlu} pada Struktur Pelat

$$k = \frac{Mu}{\phi b d_{eff}^2}$$

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

B = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor Kuat Rencana (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke- 2)

6. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal.

7. Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

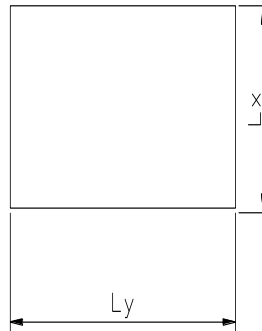
8. Memilih tulangan pokok

Tulangan pokok yang akan dipasang harus direncanakan dan didesain beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :
“Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014”:

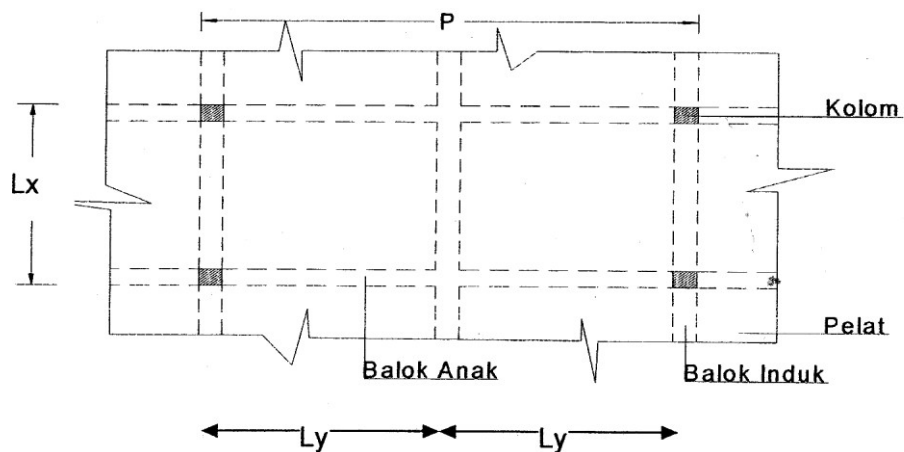
- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300.....0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%..... $0,0018 \times 400 / f_Y$
- d) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

b. Pelat dua Arah (Two Way Slab)

Suatu pelat dapat dikatakan termasuk ke dalam jenis pelat dua arah apabila jarak $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi-sisinya. Dapat kita lihat pada gambar 2.4 contoh desain pelat satu arah



Gambar 2.3 L_y & L_x pada Pelat Dua Arah



Gambar 2.4 Pelat Dua Arah

Berikut adalah langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam perencanaan perhitungan suatu struktur pelat yang termasuk ke dalam jenis pelat dua arah adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung h minimum Pelat, Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel berikut:

Tabel 2.5 Tebal minimum pelat

Tegangan Leleh (MPa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Penggir	Dengan Balok Pinggir		Tanpa Balok	Dengan Balok PInggir	
300	$\ln/33$	$\ln/36$	$\ln/36$	$\ln/36$	$\ln/40$	$\ln/40$
400	$\ln/30$	$\ln/33$	$\ln/33$	$\ln/33$	$\ln/36$	$\ln/36$
500	$\ln/28$	$\ln/31$	$\ln/31$	$\ln/31$	$\ln/34$	$\ln/34$

Atau dengan cara:

$$h = \frac{\ln\left[0,8 + \frac{f_y}{1500}\right]}{36 + 5\beta \left[\alpha m - 0,12\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 hal 18 (3.2-12)}$$

Tidak boleh kurang dari :

$$h_{min} = \frac{\ln\left[0,8 + \frac{f_y}{1500}\right]}{36 + 5\beta} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 hal 18 (3.2-13)}$$

Dan tidak perlu lebih dari :

$$h_{max} = \frac{\ln\left[0,8 + \frac{f_y}{1500}\right]}{36} \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 hal 18 (3.2-14)}$$

b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tetapi tidak lebih dari 2,0 dan ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)}$$

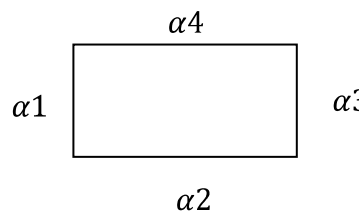
Tebal suatu pelat tidak boleh kurang dari 120 mm.

- c) Untuk α_m lebih besar dari 2,0 maka ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

Tebal suatu pelat tidak boleh kurang dari 90 mm.

dimana : $\alpha_m = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$



$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x \text{ balok}}}{I_{x-x \text{ pelat}}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

I_b = inersia balok ($I_b = \frac{bh^3}{12}$)

I_s = inersia pelat ($I_s = \frac{I_n t^3}{12}$)

l_n = jarak bentang bersih (mm)

h = tinggi balok

t = tebal pelat

β = rasio bentang bersih terhadap bentang pendek bersih pelat

- 2) Menghitung beban rencana pelat

$$W_u = 1,2DL + 1,6LL$$

DL = Jumlah Beban Mati Pelat (KN/m)

LL = Jumlah Beban Hidup Pelat (KN/m)

- 3) Menghitung momen rencana (M_u)

Menghitung momen rencana (M_u) struktur pelat menggunakan tabel dalam buku W.C Vis dan Gideon Kusuma : 1993:42

Tabel 2.6 Momen Rencana Pelat Metode Amplop

	Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metoda amplop' x q _d lantai ℓ _x	$\frac{l_y}{l_x}$	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	
I			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	41	54	67	79	87	97	110	117
II			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = -0,001 q \ell_x^2$	x	25	34	42	49	53	58	62	65
III			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	30	41	52	61	67	72	80	83
IV.A			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	x	24	36	49	63	74	85	103	113
IV.B			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	33	40	47	52	55	58	62	65
V.A			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	31	45	58	71	81	91	106	115
V.B			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	39	47	57	64	70	75	81	84
VI.A			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$	x	25	36	47	57	64	70	79	83
VI.B			$m_{lx} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = 0,001 q \ell_x^2$ $m_{lx} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = -0,001 q \ell_x^2$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$	x	28	37	45	50	54	58	62	65

4) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$dx = h - \text{tebal selimut beton} - 1/2 \varnothing \text{ arah } x$$

$$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing \text{ tulangan pokok } x - 1/2 \varnothing \text{ arah } y$$

5) Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{Mu}{\varnothing b d_{eff}^2}$$

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

\varnothing = faktor Kuat Rencana (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke.2)

6) Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f_c'}} \right)$$

Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal.

7) Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

8) Hitung A_s min dan A_s satu tulangan

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} \cdot b \cdot h$$

$$A_{s1} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

9) Mengontrol tulangan

$$A_s = \frac{A_{s1}}{A_{s \text{ terbesar}}} \times 1000$$

10) Menentukan jarak spasi tulangan terpasang dengan tabel tulangan pelat

2.3.2 Perencanaan Perhitungan Portal

Portal adalah suatu sistem kerangka bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensikan portal baik itu struktur balok maupun struktur kolom. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

a. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam (SK SNI 03-2847-2002hal.63) adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $\frac{1}{16}$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{1}{18,5}$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{1}{21}$, sedangkan untuk balok kantilever memiliki tebal minimum $\frac{1}{8}$.

b. Pendimensian kolom

c. Analisa pembebanan

d. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal berbagai macam metode perhitungan yaitu, metode cross, metode takabeya, serta metode dengan menggunakan bantuan aplikasi komputer yaitu menggunakan aplikasi program SAP 2000.

Berikut cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan program SAP 2000 :

1. Perencanaan portal

a) Perencanaan portal akibat beban mati

Untuk perencanaan portal akibat beban mati ini yang harus dilakukan adalah menentukan pembebanan pada portal, pembebanan ini terdiri dari :

- Beban pelat
- Beban balok

- Beban penutup lantai dan adukan semen
- Berat balok
- Berat pasangan dinding (jika ada)
- Beban plesteran dinding

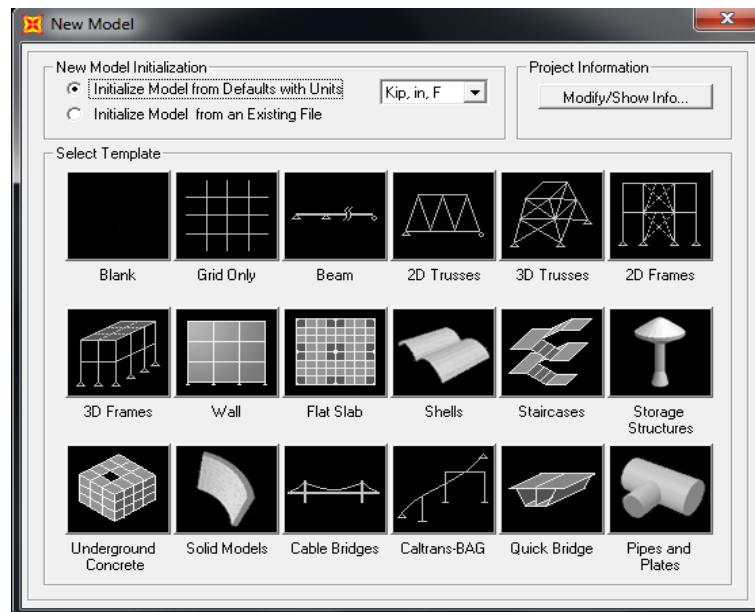
b) Perencanaan portal akibat beban hidup

Untuk perencanaan portal akibat beban hidup yang harus dilakukan adalah menentukan pembebanan pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan akibat beban mati.

2. Langkah-langkah perhitungan

a) Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

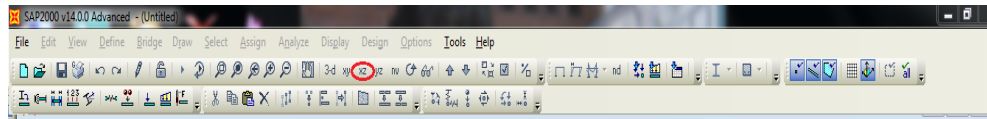
Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih perhitungan yang akan digunakan. Di mana model yang digunakan adalah model *Grid Only*. Pilih units satuan dalam KN M C.



Gambar 2.5 Membuat Model Struktur

Kemudian dilanjutkan dengan mengatur *grid* penghubung garis atau *frame*. Dimana nilai xz diisi, x untuk arah horizontal dan z arah vertikal (y diisi 1 untuk bangunan 2 dimensi). Selanjutnya pilih *Edit grid* untuk mengatur panjang vertikal dan horizontal tiap *frame*. Setelah

selesai pilih OK, kemudian *set view* dalam arah xz dengan mengklik menu xz pada *toolbar*.

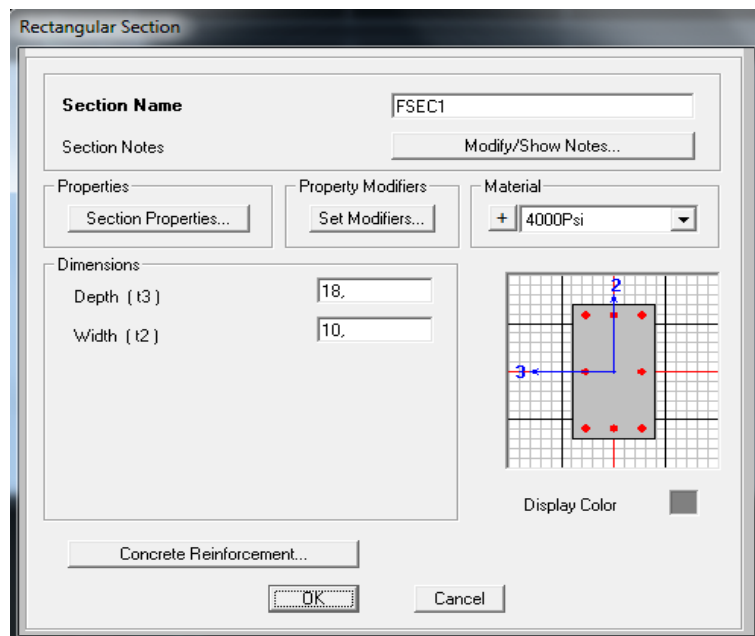


Gambar 2.6 Memilih Tampilan (Arah Tinjauan)

b) Input data perencanaan

- Dimensi kolom
- Dimensi balok
- Mutu beton (f_c')

Cara memasukan nilai dimensi kolom dan balok pada umumnya sama, yaitu : Balok *frame* kolom atau balok, lalu pilih *Define – Frame Section* pada *toolbar*, setelah memilih menu diatas maka akan tampil *toolbar Frame Properties, Choose Property Type to Add*, pilih *Add Rectangular* (untuk penampang berbentuk segiempat), klik *Add new Property* hingga muncul *toolbar* seperti dibawah ini :



Gambar 2.7 Memasukan Data Perencanaan.

Ganti *Section Name* dengan nama Balok (untuk balok), dan nama Kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Weidh*) masing-masing pada kolom dan balok sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, lalu klik *Column* untuk kolom dan *Beam* untuk balok, lalu klik OK.

Untuk menentukan *frame* balok atau kolom yaitu dengan cara blok *frame* kemudian pilih *Assign – Frame – Frame Section – Modify / Show Property* pilih Balok atau Kolom.

Cara memasukan nilai F_y , F_c dan Modulus Elastis, yaitu : Blok semua *Frame*, lalu pilih *Define* pada *toolbar – Material Type* – pilih *concrete* untuk beton), lalu klik *Modify/Show Material*. Seperti pada gambar dibawah ini :

General Data

Material Name and Display Color: 4000Psi

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 23563.122

Mass per Unit Volume: 2402.7696

Units: N, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.486E+10

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 1.036E+10

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'_c : 27579032

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

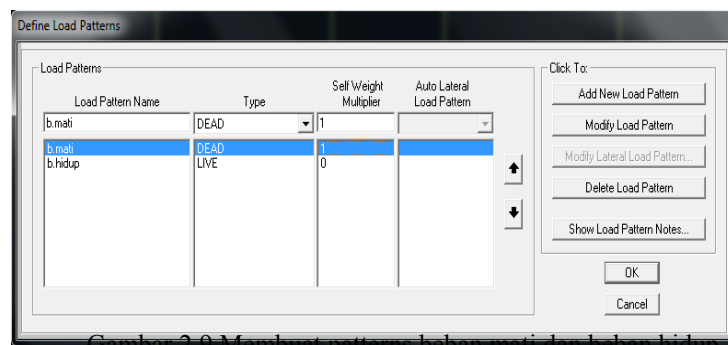
OK Cancel

Gambar 2.8 Memasukan Nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas.

Ganti nilai *Weight per Unit Volume* dengan 24 yaitu nilai dari berat jenis beton. Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan $4700 \sqrt{f'c'} \times 1000$, serta ubah nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan masing-masing dikali 1000, lalu klik OK.

c) Menentukan patterns beban mati dan beban hidup

Pilih *Define* pada *toolbar* lalu pilih *Load Patterns* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisien beban mati diisi dengan nilai 1, sedangkan koefisien beban hidup diisi dengan nilai 0. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

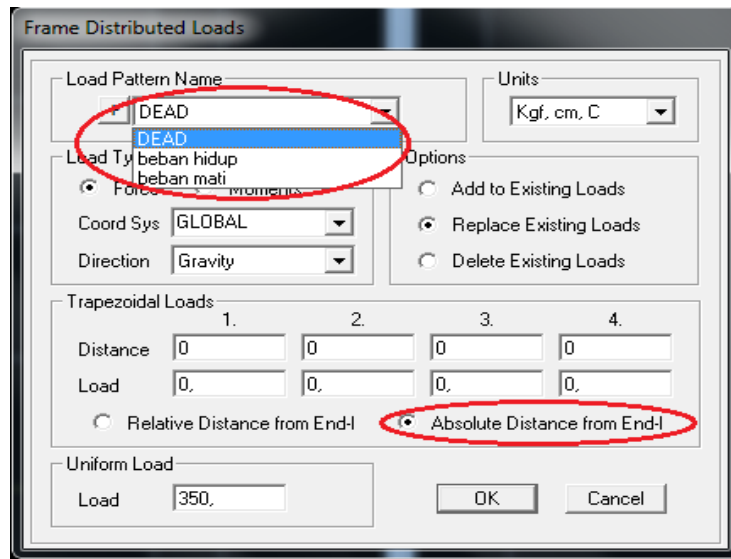


Gambar 2.9 Membuat patterns beban mati dan beban hidup

d) Input nilai beban mati dan beban hidup

– Akibat beban merata

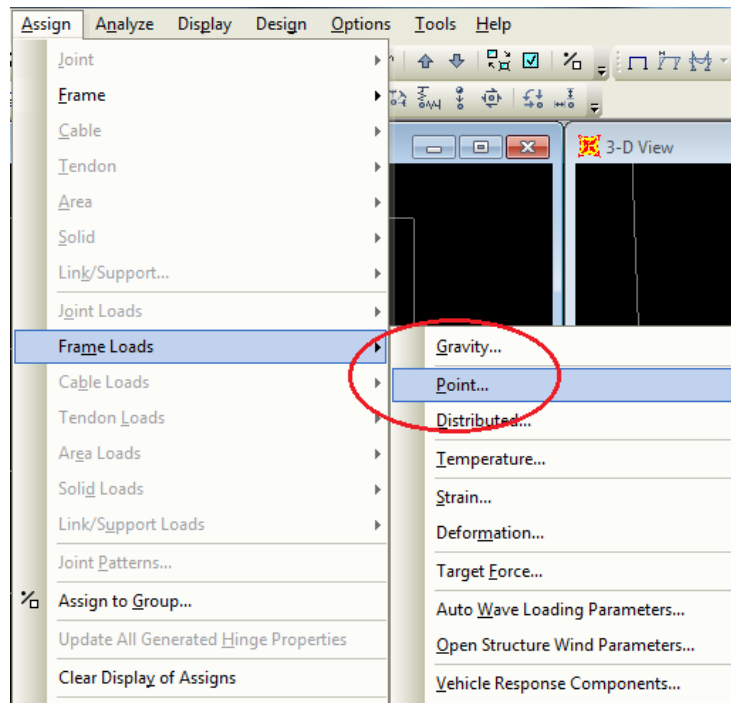
Blok *frame* yang akan diinput, lalu pilih *Assing* pada *toolbar*, lalu pilih *Frame Load – Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Pattern Name* – klik *Absolute Distance from End-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak *Distance* di titik 1 isi dengan 0 dan di titik 2 isi dengan panjang *frame* yang telah direncanakan, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut.



Gambar 2.10 Memasukan Nilai Beban Mati dan Beban Hidup.

– Akibat beban terpusat

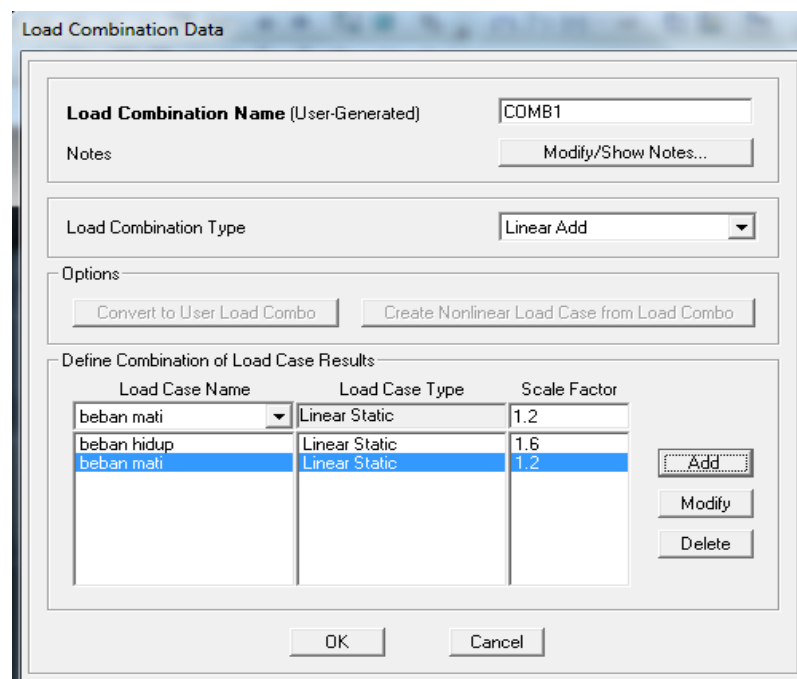
Menginput data beban terpusat sama halnya seperti menginput data pada beban merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame Load* selanjutnya yang dipilih adalah *Point*.



Gambar 2.11 Memasukan Nilai Beban Terpusat

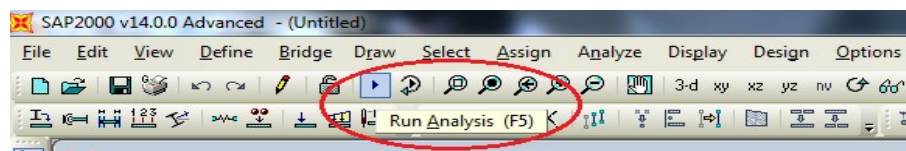
Cara memasukan nilai beban terpusat sama saja halnya dengan seperti memasukan nilai beban merata.

- e) Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Langkah pertama yaitu blok seluruh frame yang akan dikombinasi, kemudian pilih *Define – Load Combination – Add New Combo*. Kemudian pada *Load Case Name* pilih masing beban, untuk beban hidup *Scale Factor* diisi dengan nilai 1,6, sedangkan beban mati diisi dengan nilai 1,2.



Gambar 2.12 Memasukan Nilai Beban Kombinasi

- f) Run analisis, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.13 Run Analisis

2.3.3 Perencanaan Balok

Struktur balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Adapun beberapa jenis struktur balok beton bertulang dapat dibedakan berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

a. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

1. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

2. Balok “ T ”

Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

b. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

1. Balok Induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama.

Untuk merencanakan sebuah struktur balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a) Menentukan mutu beton yang akan digunakan

b) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :

- 1) Beban mati yang bekerja pada balok
- 2) Beban hidup yang bekerja pada balok
- 3) Beban sendiri balok

c) Menghitung beban ultimate

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$W_u = 1,05 (D + LR \pm E)$$

$$W_u = 0,9 (D \pm E)$$

d) Perhitungan penulangan balok

Perhitungan penulangan pada balok dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1) Menentukan momen maksimum

2) Menentukan $d_{efektif} = h - p - \emptyset_{senggang} - 1/2 \emptyset_{tulangan\ pokok}$

3) Menentukan nilai k

$$k = \frac{Mu}{\emptyset bd}$$

4) Menentukan ρ (cek daktilitas)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,75 \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}, \text{ bila } \rho < \rho_{min} \text{ maka dipakai } \rho_{min}$$

5) Menghitung penulangan

$$- \text{Tentukan } d_{eff} = h - p - \emptyset_{senggang} - 1/2 \emptyset_{senggang}$$

- Hitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\emptyset . b . d_{eff}^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

Menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho . b . d_{eff}$$

- Tentukan diameter tulangan yang akan dipakai menggunakan tabel diameter tulangan

- Kontrol jarak tulangan yang digunakan

- Kontrol momen nominal

$$a = \frac{A_s . f_y}{0,8 f_c' b}$$

6) Perencanaan perhitungan tulangan geser balok dengan ketentuan :

- Menentukan gaya lintang maksimum ($V_{u_{maks}}$) berdasarkan perhitungan portal

$$v_u = \frac{vu}{b d}$$

jika $v_u > \phi v_c$, maka diperlukan tulangan geser. Sedangkan $v_u < \phi v_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser.

- Menentukan nilai ϕv_c

$$v_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$$

7) Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2}$$

$$S_{min} = \frac{Av \cdot 1200 f_y}{75 \sqrt{f'c} bw}$$

2. Balok Anak

Balok Anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan terjadi. Untuk merencanakan balok anak sama halnya dengan perhitungan rencana balok induk.

2.3.5 Perencanaan Kolom

Struktur kolom beton bertulang merupakan suatu struktur bangunan yang dibuat dari beton vertikal yang memikul beban aksial (beban balok, pelat lantai, dinding, atap dan beban lainnya) yang kemudian beban-beban konstruksi tersebut akan diteruskan ke pondasi.

Ketentuan-ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur kolom bangunan gedung adalah sebagai berikut:

- Dimensi batang terpendek tidak boleh $< 300 \text{ mm}$ ($b < 300 \text{ mm}$)
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh $< 0,4$ atau ($\frac{h}{b} < 1,4$)
- Rasio tinggi kolom terhadap dimensi kolom terpendek adalah tidak boleh > 25 , untuk kolom yang dapat mengalami momen yang dapat berbalik tanda rasionya tidak boleh > 16 , untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh > 10

- d. Jumlah ruas tulangan memanjang untuk rasio tulangan ρ adalah tidak boleh $< 0,001$ dan tidak boleh $> 0,06$ dan pada daerah sambungan tidak boleh $> 0,08$ pada perencanaan gempa
- e. Tulangan pokok memanjang berpengikat sengkang minimum 4 batang tulangan untuk bentuk segiempat dan lingkaran serta 3 buah batang tulangan segitiga dan 6 buah batang tulangan yang dikelilingi spiral
- f. Tebal minimum untuk selimut beton adalah 40 mm

Tahapan-tahapan dalam perencanaan dan perhitungan struktur kolom adalah sebagai berikut:

1. Menentukan pembebanan

$$W_u = 1,2DL + 1,6LL$$

2. Menentukan momen rencana struktur kolom

$$M_u = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$

3. Menghitung nilai kekakuan kolom

$$Elk = \frac{\frac{E_c I_g}{2,5}}{1 + \beta_d}, \text{ dimana:}$$

$$E_c = \text{modulus elastisitas beton, } 4700 \sqrt{f'_c} \text{ MPa}$$

$$I_g = \text{momen inersia penampang beton utuh dan diandaikan tak bertulang, untuk kolom persegi } I_g = \frac{1}{12} b h^3$$

$$\beta_d = \text{faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati (berat sendiri) dan beban keseluruhan,}$$

$$\beta_d = \frac{1,2.M_d}{1,2.M_d + 1,6.M_l}$$

4. Menghitung nilai kekakuan balok

$$Elb = \frac{\frac{E_c I_g}{5}}{1 + \beta_d}$$

5. Cek kelangsingan kolom

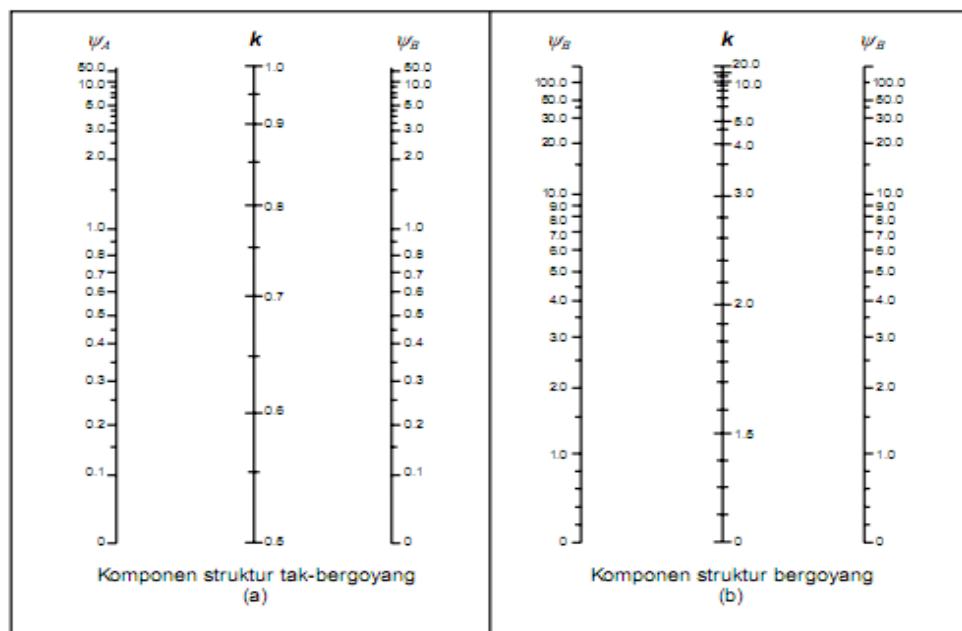
$$\text{Kelangsingan Kolom} = \frac{\left(\frac{Elk \text{ lantai1}}{lk \text{ lantai1}} \right) + \left(\frac{Elk \text{ lantai2}}{lk \text{ lantai2}} \right)}{\left(\frac{Elb \text{ kiri}}{lb \text{ kiri}} \right) + \left(\frac{Elb \text{ kanan}}{lb \text{ kanan}} \right)}$$

6. Menentukan nilai k

Menentukan nilai k dari struktur kolom dengan pengaku dengan menggunakan grafik alignment (grafik nomogram) seperti gambar 2.14.

Ketentuan kolom langsing adalah sebagai berikut:

- Rangka tanpa pengaku lateral $= \frac{Klu}{r} < 22$
- Rangka dengan pengaku lateral $= \frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$



Gambar 2.14 Grafik Nomogram

7. Mencari nilai P_c

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot E I k}{k \cdot l u^2}$$

8. Mencari nilai δ_b

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi^2 P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0$$

$$C_m = 1,6 + 1,4x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 1,4$$

→ kolom dengan pengaku

$$C_m = 1,0$$

→ kolom tanpa pengaku

δ_s = faktor pembesar ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku,
 δ_b = faktor pembesar pada struktur rangka dengan pengaku,
 M_{1B} = momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku
 M_{2B} = momen kolom terkecil dalam 1 kolom

9. Mendesain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1% luas kolom

$$A_s = A_s' = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

10. Menentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho = \frac{A_{s_{pakai}}}{bxd}$$

$$Cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot (339)}{600 + 400} = 203,4 \text{ mm}$$

$$ab = \beta_1 \cdot Cb$$

$$\phi s' = \frac{Cb - d'}{Cb}$$

$$\phi y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\phi s' > \phi y \rightarrow f_s' = f_y ; A_s = A_s'$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b + (A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y))$$

$\phi P_n > P_u \rightarrow$ beton belum hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

11. Memeriksa kekuatan penampang

a) Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' x f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 1,5} + \frac{b x h x f_c'}{\left(\frac{3 x h x e}{d^2} \right) + 1,8}$$

b) Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 F_c' b \cdot d \left[\frac{h - 2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2m\rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

dengan $e = \frac{M_u}{P_u}$

$$e_{min} = 15 + 0,03h$$

diambil nilai e terbesar

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

Nilai ϕP_n harus lebih besar daripada P_u kolom

12. Menentukan tulangan sengkang

1) Berdasarkan syarat teoritis

Adapun syarat penulangan sengkang :

a) Jarak spasi :

- 48 kali diameter tulangan sengkang, atau
- 16 kali diameter tulangan pokok, atau
- Selebar kolom

b) Untuk tulangan pokok ≤ 32 mm, digunakan sengkang $\phi 10$ mm

c) Untuk tulangan pokok > 32 mm, digunakan sengkang D12 – 16mm.

2) Berdasarkan perhitungan V_u

Perhitungan sengkang berdasarkan nilai v_u perhitungannya sama seperti sengkang pada struktur balok.

2.3.6 Perencanaan Sloof

Sloof merupakan struktur bawah pada sebuah bangunan yang berfungsi menyalurkan beban yang diterima dari dinding ke pondasi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan sloof adalah:

a. Menentukan dimensi sloof

b. Menentukan pembebanan sloof

- Berat sloof
- Berat dinding dan plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total yang bekerja pada struktur sloof, lalu dikalikan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban terfaktor.

$$W_u = 1,4 D_L$$

c. Menghitung momen yang bekerja pada struktur sloof

d. Menghitung penulangan

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \phi_{sengkang} - 1/2 \phi_{sengkang}$
- Hitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

Menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

- Tentukan diameter tulangan yang akan dipakai menggunakan tabel diameter tulangan
- Kontrol jarak tulangan yang digunakan
- Kontrol momen nominal

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

e. Perencanaan perhitungan tulangan geser balok dengan ketentuan :

- Menentukan gaya lintang maksimum ($V_{u_{maks}}$) berdasarkan perhitungan portal

$$v_u = \frac{V_u}{b \cdot d}$$

jika $v_u > \phi v_c$, maka diperlukan tulangan geser. Sedangkan $v_u < \phi v_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser.

- Menentukan nilai ϕv_c

$$v_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d$$

f. Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2}$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot 1200 \cdot f_y}{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w}$$

2.3.7 Perencanaan Tangga

Struktur tangga merupakan salah satu konstruksi pada bangunan gedung yang berfungsi sebagai penghubung antara ruangan yang ada di bawahnya ke ruangan yang ada di atasnya khususnya pada bangunan

bertingkat. Konstruksi yang ada pada sebuah tangga bangunan terdiri dari struktur anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terdiri dari dua komponen, yaitu:

- a. Antrede, adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- b. Optrede, selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.

Adapun ketentuan – ketentuan yang perlu diperhatikan dalam pembuatan suatu konstruksi optrede dan antrede sebuah tangga, antara lain sebagai berikut:

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
 1. Antrede = 25 cm (minimum)
 2. Optrede = 20 cm (maksimum)
- b. Untuk perkantoran dan lain – lain
 1. Antrede = 25 cm
 2. Optrede = 17 cm
- c. Syarat kenyamanan 1 (satu) anak tangga
$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57\text{-}65 \text{ cm (1 langkah)}$$
- d. Lebar tangga
 1. Tempat umum ≥ 120 cm
 2. Tempat tinggal = 180 cm s/d 100 cm
- e. Sudut kemiringan
 1. Maximum = 45°
 2. Minimum = 25°

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain sebuah konstruksi tangga yang baik adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan sudut kemiringan tangga setelah diketahui tinggi ruangan dan panjang rencana tangga
- b. Menentukan ukuran antrede dan optrede

c. Menentukan jumlah antrede dan optrede

d. Menghitung pembebanan tangga

1. Beban mati yang terdiri berat sendiri tangga, berat sendiri bordes, berat spesi dan ubin

2. Beban hidup

e. Perhitungan tangga dengan metode cross:

1. Menghitung Momen Inersia

$$I_{AB} = \frac{1}{12} \times 100 \times (h \text{ pelat tangga})^3$$

2. Menghitung Kekakuan

$$K_{AB} = \frac{3EI}{L}$$

3. Menghitung Faktor Distribusi

$$\mu = \frac{K}{\sum K}$$

4. Menghitung Momen Primer

$$M_{AB} = \frac{q.L^2}{8}$$

5. Menentukan Bidang gaya dalam D, N dan M

f. Perhitungan tulangan tangga

1. Menentukan momen yang bekerja

2. Mencari tulangan yang diperlukan

– Menentukan d efektif

$$d_{eff} = h - p - \emptyset_{sengkan} - 1/2 \emptyset_{sengkan}$$

– Menentukan luas satu tulangan

$$As1 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

– Mencari nilai ρ min

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

– Menghitung As min

$$As_{min} = \rho_{min} \cdot b \cdot h$$

– Mencari nilai k

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot d_{eff}^2}$$

- Mencari nilai ρ min

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 f_c'}}\right)$$

3. Mengontrol tulangan

$$A_s = \frac{A_{s1}}{A_{s \text{ terbesar}}} \times 1000$$

4. Menentukan jarak spasi tulangan terpasang dengan tabel tulangan pelat

2.3.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang letaknya terbawah pada sebuah bangunan. Struktur pondasi ini berfungsi untuk:

- a. Menyebarkan dan menyalurkan beban yang diterima bangunan ke dalam tanah;
- b. Mencegah terjadinya penurunan pada bangunan; dan
- c. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya.

Hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur pondasi pada sebuah bangunan, yaitu:

- a. Keadaan tanah di lokasi pembangunan;
- b. Jenis konstruksi bangunan;
- c. Kondisi bangunan di sekitar lokasi; dan
- d. Waktu dan biaya pekerjaan.

Beberapa hal dalam pemilihan bentuk pondasi sebuah bangunan berdasarkan daya dukung tanah juga perlu diperhatikan, antara lain sebagai berikut:

- a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss pile.

- b. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile dan pondasi sumuran atau borpile.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Adapun urutan dalam menganalisis pondasi jenis tiang pancang adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan beban – beban yang bekerja pada pondasi
- b. Menentukan diameter tiang pancang yang akan digunakan
- c. Menghitung daya dukung pondasi

$$Q_{tiang} = 0,3 \times f_c' \times A_{tiang}$$

- d. Menghitung daya dukung tanah

$$Q_{ijin} = \frac{NK.Ab}{Fb} + \frac{JHP.O}{Fs}$$

dimana : q_c = nilai konus

JHP = Jumlah hambatan pelekat

A = Luas tiang

O = Keliling tiang

- e. Menentukan jarak antar tiang pancang, s

$$2,5D < s < 3D$$

- f. Menentukan dimensi pile cap yang digunakan
- g. Menentukan efisiensi pondasi kelompok tiang

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right\}$$

Keterangan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

$$\theta = \arctan \frac{B}{S}$$

s = jarak antar tiang

d = dimensi tiang

h. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{\max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n y \cdot \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{n x \cdot \Sigma Y^2}$$

Dimana:

P_{\max} = beban yang diterima oleh tiang pancang

ΣV = jumlah total beban

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu y

n = jumlah tiang pancang dalam kelompok tiang pancang

x_{\max} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

y_{\max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

ny = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y

nx = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x

ΣX^2 = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

ΣY^2 = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

2.4 Dokumen Tender

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang terdapat di dalam sebuah proyek yang dibuat oleh konsultan perencanaan atas permintaan klien sesuai dengan kesepakatan terlebih dahulu. Dokumen tender akan memberikan penjelasan atas peserta lelang karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan dengan pemilik suatu proyek untuk pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilaksanakan dengan harga serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu sesingkat-singkatnya dengan sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu setiap kontraktor yang akan mengikuti lelang harus memiliki dokumen tender tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

2.4.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)

Yang dimaksud dengan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat pelaksanaan yang akan dilakukan nantinya. Adapun semua hal yang terdapat di dalam sebuah RKS adalah sebagai berikut :

a. Syarat Umum :

1. Keterangan tentang pemberi tugas
2. Keterangan mengenai perencanaan
3. Syarat-syarat peserta lelang
4. Bentuk surat penawaran

b. Syarat administrasi:

1. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
2. Tanggal Penyerahan pekerjaan /barang
3. Syarat-syarat pembayaran
4. Denda atas keterlambatan

5. Besarnya jaminan penawaran
 6. Besarnya jaminan pelaksanaan
- c. Syarat Teknis
1. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 2. Jenis dan mutu bahan, antara lain bahwa semaksimal mungkin harus menggunakan hasil produksi dalam negeri dengan memperlihatkan potensi nasional
 3. Gambar detail, gambar konstruksi, dan segala sesuatu yang menjadi pelengkap untuk menunjang semua kegiatan di proyek

2.4.2 Gambar-gambar

a. Gambar Layout

Gambar Layout merupakan sejenis peta ukur dimana dari gambar tersebut dapat dilihat keadaan suatu proyek dan dapat disimpulkan banyak informasi yang bisa dilihat di dalamnya:

1. Prasarana yang ada, Jalan, Rel kereta api, bangunan, dan lain-lain.
2. Keadaan alam seperti hutan, sungai, lembah, arah angin, dan mata angin.
3. Gambar layout biasanya dituangkan dalam skala 1:500 atau 1:1000 atau 1:2000

b. Gambar Rencana

Adapun segala sesuatu yang terdapat di dalam sebuah gambar rencana sebuah proyek pembangunan gedung adalah sebagai berikut antara lain :

1. Gambar Denah

Denah-denah seperti bangunan, termasuk lantai bawah dan mungkin denah dalam ruang atau suatu denah atap. Denah lantai digambarkan dengan melihat kebawah pada lantai yang digambarkan atau seperti bangunan yang diiris mendatar pada ketinggian lantai tersebut. Gambar denah biasanya menggunakan skala 1:100 atau 1:250.

2. Gambar Tampak

Gambar tampak digunakan untuk menjelaskan perataan luar bangunan, oleh karena itu gambar sketsa diperlukan untuk semua tampak-tampak bangunan. Biasanya menggunakan potongan dengan skala besar yaitu pada skala 1:50 atau 1:100 atau 1:150.

3. Gambar Potongan

Gambar potongan diperlukan untuk menjelaskan bagian-bagian yang merupakan pekerjaan yang baru atau perlu penjelasan pekerjaan secara detail. Skala yang sering dipakai adalah skala 1:250 atau 1:50 atau 1:20 atau detail dengan skala besar pada 1:5 atau 1:10.

Gambar-gambar potongan tersebut dipakai untuk menghitung kuantitas setiap jenis pekerjaan untuk biaya konstruksi dan juga sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

4. Gambar Detail

Gambar detail sebuah bangunan gedung digunakan untuk memperjelas bagian-bagian pekerjaan yang baru atau perlu penjelasan pekerjaan secara detail. Skala yang digunakan biasanya 1:50 atau 1:20

2.4.3 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada di dalam sebuah proyek pembangunan gedung bertingkat. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek

2.4.4 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek pembangunan gedung bertingkat. Analisa harga satuan ini berguna sebagai penunjuk harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Harga-harga yang terdapat dalam harga analisa satuan ini nantinya akan didapatkan harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan

volume pekerjaan. Analisa harga satuan ini yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

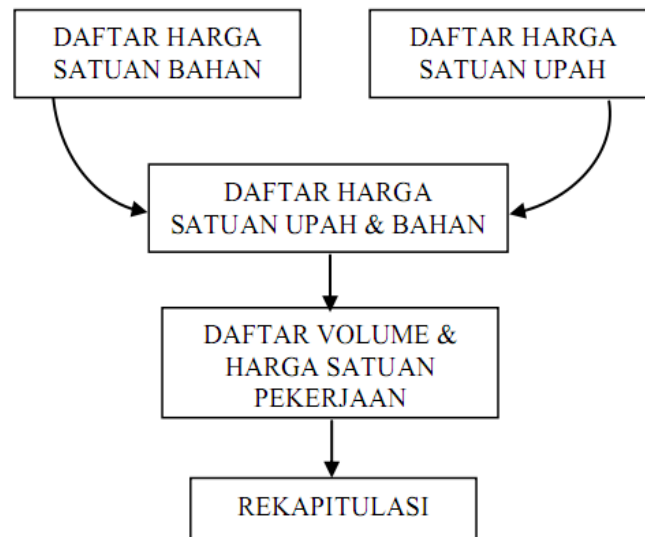
2.4.5 Rencana Anggaran Biaya dan Rekapitulasi Harga

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk semua bahan yang digunakan dan upah pekerja yang terlibat, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah karena perbedaan harga bahan upah dan tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besaran biaya yang dibutuhkan.

Tahapan-tahapan yang sebaiknya dilakukan sebelum menyusun rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar yang menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinyu.
- b. Mengumpulkan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Menghitung analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan.
- d. Menghitung harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi



Gambar 2.15 Tahapan Penyusunan Rekapitulasi Harga sebuah proyek

2.4.6 Barchart dan Kurva S

a. Barchart

Rencana kerja yang paling sering digunakan adalah diagram batang (barchart) atau gant chart. Barchart sering digunakan secara meluas dalam sebuah proyek konstruksi karena lebih sederhana, mudah dalam pembuatannya serta mudah untuk dimengerti oleh pemakainya.

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Adapun keuntungan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

1. Bentuknya sederhana
2. Mudah dibuat
3. Mudah dimengerti
4. Mudah dibaca

Sedangkan kekurangan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

1. Hubungan antara pekerjaan yang satu dan yang lain kurang jelas.
2. Sukar mengadakan perbaikan.
3. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.

Proses penyusunan diagram batang untuk membuat suatu barchart dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Daftar item kegiatan yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
2. Urutan pekerjaan dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

Cara membuat sebuah barchart yang biasanya digunakan dalam sebuah proyek pembangunan adalah sebagai berikut:

1. Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan. Misalkan:
 - Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan, selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
 - Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
 - Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai dilaksanakan.

- Pekerjaan pondasi batu kali/bata dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pekerjaan pasir urug.
 - Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai dilaksanakan.
2. Buatlah tabel rangkaian pekerjaan yang berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan dengan menggunakan kurva S

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan di sebuah proyek konstruksi. Kurva S tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progres pekerjaan dari setiap pekerjaan. Dengan kurva S kita dapat mengetahui progres pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap bar chart yang dilengkapi dengan progres dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva S diperlukan untuk menggambar progres pada momen tertentu dalam sebuah proyek pembangunan. Rencana progres yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progres yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

Bila kurva S dari rencana progres dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan-tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.

Kurva S dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau orang/hari atau penyelesaian pekerjaan dan sumbu horizontal sebagai waktu kalender masing-masing dari angka 0 sampai 100, kurva tersebut harus berbentuk huruf S karena kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

1. Kemajuan awalnya bergerak lambat
2. Kegiatan akan bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama
3. Akhirnya, kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

2.4.7 Network Planning (NWP)

Network Planning merupakan suatu cara atau teknik dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Produk yang dihasilkan dari network planning ini adalah kegiatan yang ada dalam proyek. Network planning digunakan untuk mengkoordinasi berbagai pekerjaan, mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya, menunjukkan waktu penyelesaian yang kritis atau tidak, dan kepastian dalam penggunaan sumber daya.

Network planning memiliki beberapa tipe, yaitu preseden, metode jalur krisis (*Critical Path Methode*), program evaluation dan review technique (PERT), Grafis Evaluation dan review technique (GERT). Adapun kegunaan dari NWP adalah :

- a. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara detail dari proyek.
- c. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *Scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun sebuah NWP dalam suatu proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

a. Urutan Pekerjaan yang Logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.

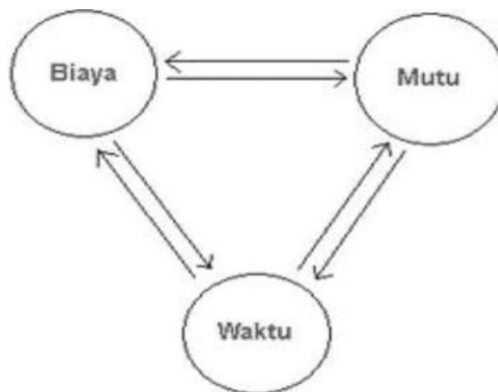
b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack/kelonggaran waktu.

c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan.

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Pengendalian sebuah proyek konstruksi direncanakan sebaik mungkin diharapkan agar dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.16 di bawah ini.



Gambar 2.16 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu


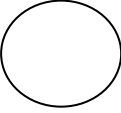
pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

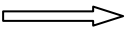
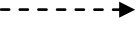

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

Adapun pembagian macam-macam dari *Network Planning* (NWP) adalah sebagai berikut:

- a. CMD : Chart Method Diagram
- b. NMT : Network Management Technique
- c. PEP : Program Evaluation Procedure
- d. CPA : Critical Path Analysis
- e. CPM : Critical Path Method
- f. PERT: Program Evaluation and Review Technique

Pada perkembangannya NWP ini juga dikenal dalam 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu sebagai berikut:

- a. Event on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
- b. Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
- c.  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
- d.  **Node/event** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.

- e.  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
- f.  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.
- g.  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambarkan diagram *Network Planning*, hal-hal penting yang perlu diperhatikan dengan teliti, yaitu:

- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
- c. Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
- d. Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
- e. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- g. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

